

補助事業番号 2018M-182

補助事業名 平成30年度関節の拘縮予防を目的とした空気圧リハビリ運動システムの開発
補助事業

補助事業者名 大阪工業大学 R&D工学部 ロボット工学科 谷口 浩成

1 研究の概要

本研究補助事業では、手指関節および足関節を対象としたリハビリ運動装置を、空気圧ソフトアクチュエータを用いることで開発した。本リハビリ運動装置は、空気圧ソフトアクチュエータを手指、手の甲、足部などに直接作用させることで複数の運動を行うことができる点が特長である。手指関節リハビリ運動装置は、拇指と拇指以外の4指と手関節(手首)に分けて装置を開発した。拇指関節リハビリ運動装置の動作試験では、手掌方向へ閉じる動作である掌側内転、尺側内転、屈曲の3種類と、開く動作である掌側外転、橈側外転、伸展の3種類の動作を検証した。拇指以外の4指と手関節(手首)を対象としたリハビリ装置の動作試験では、屈曲と伸展動作を検証した。次に、足関節リハビリ運動装置では、底屈、背屈、内反、外反の4種類の動作を検証した。

2 研究の目的と背景

現在日本は人口の減少、高齢化が進んでいる。高齢者は、けがや病気が原因で介護が必要になる場合が多い。要介護者は、理学療法士らによる継続的なリハビリテーション(以下、リハビリと略す)が必要である。しかし、リハビリを受けたくても十分なリハビリを受けることができない「リハビリ難民」と言われる人が増加している。この問題の1つの理由として、国が医療費削減のために実施したリハビリの日数制限が考えられる。リハビリは、疾患別に1年間に受けられる日数が制限されており、それを超えると保険医療でリハビリを受けることができなくなる。この問題への対応として需要が高まっているのが、保険適用外の自費リハビリ施設である。自費リハビリ施設では、VR(仮想現実)やロボットを用いたリハビリが積極的に採用されているため、高齢化に伴いこれらの技術を用いたリハビリ装置の需要が高くなることが予想される。

このような背景を踏まえ本研究では、日常生活において重要な関節であり、かつ関節の中でも拘縮の発生頻度が高い手指関節、手関節(手首)と足関節を対象にしたリハビリ運動装置を開発することを目的とした。本装置には、空気圧ソフトアクチュエータを用い、高い安全性と療法士の施術に近い柔らかく包み込むようなリハビリテーション動作の実現を目指した。そして、各装置においてリハビリ運動を実現する新たな手法を検討し、装置の試作を通じてその手法の有用性を検証した。

3 研究内容

関節の拘縮予防を目的とした空気圧リハビリ運動システムの開発

(<https://www.flexibleroboticslab.com/2018-19-jka>)

本補助事業では、以下に示す3つの研究項目について実施した。

(1) 拇指関節リハビリ運動装置の開発

本研究では、空気圧ソフトアクチュエータを用いて手の拇指の関節可動域 (ROM) を最大角度まで運動させる手法を検討し、その手法を実現するための試験機と空気圧システムを構築した。本装置は、手掌方向へ閉じる動作である掌側内転、尺側内転、屈曲の3種類と、開く動作である掌側外転、橈側外転、伸展の3種類と、対向運動である拇指と小指を接触させるアーチの合計7種類の動作を行うことを目指した。図1に実験装置を示す。装置の中心に手を縦向きに入れて使用する。今回開発したダイヤモンドパターンアクチュエータにより、膨張の個体差を軽減し、膨張面の方向がずれることを防止したことで拇指の狙った部位へ押し当てることができるようになった。

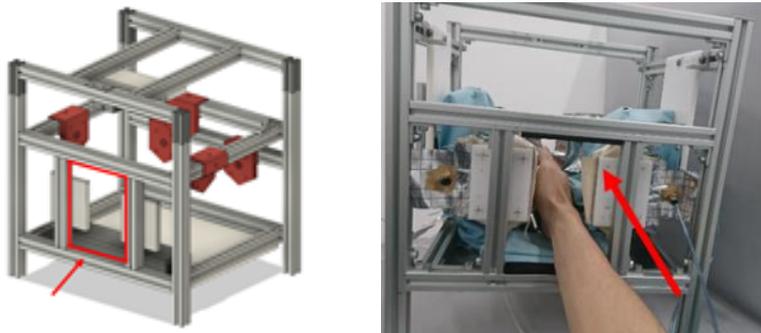


図1 拇指関節リハビリ実験装置の3次元モデル(左)と装置の外観(右)

また、図2に示すように理学療法士の先生に本装置を体験して頂き、装置を評価した。その結果、各動作の状況と問題点を明らかにした。さらに、手首の固定方法を改善することが必要であることが明らかとなった。

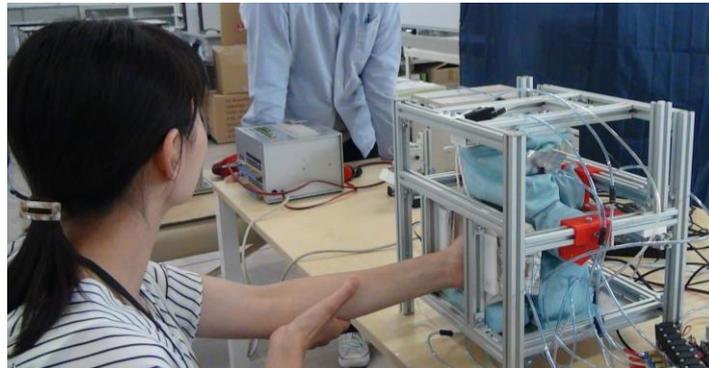


図2 理学療法士による拇指関節リハビリ装置の評価

(2) 手指(4指)および手関節(手首)を対象としたリハビリ装置の開発

本研究では、拇指を除く4指および手首を対象とした関節の運動を実現するための蛇腹式箱型空気圧ソフトアクチュエータを設計試作した。そして、このアクチュエータを用いて関節可動域訓練を実施するための実験装置を製作した。図3に蛇腹式箱型空気圧ソフトアクチュエータと実験装置の外観を示す。本装置は、幅500mm、高さ520mm、奥行き240mmの大きさで、アルミフレームを用いて筐体を製作し、手部を装置に挿入するとその周りにアクチュエータが配置される構造である。

各関節の伸展動作、屈曲動作を行う。また、本実験装置では、アクチュエータの制御にPLC機器によるシーケンス制御システムを構築した。

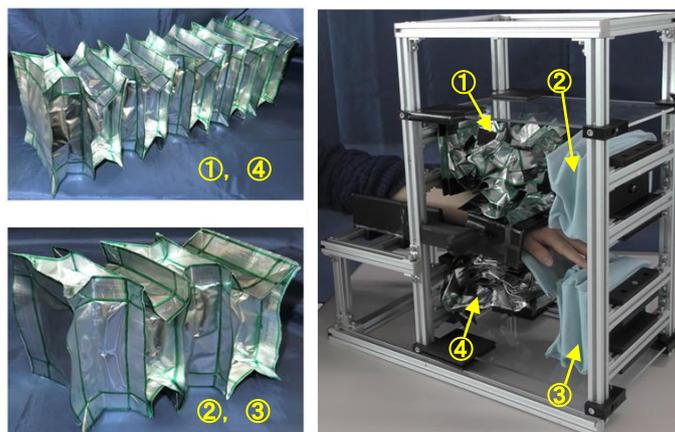


図3 4指および手関節(手首)のリハビリ運動実験装置

本装置の評価実験は、関節可動域に制限のない健常な20代の成人男性1名で実施した(大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会承認番号2019-1)。実験では、印加圧力30kPaで各動作を3回ずつ行い、試験の様子を民生用ビデオカメラにて録画した。動画から画像処理により、本実験装置の回転軸を中心に各関節の可動域を算出した。手指のMP関節の可動域測定結果は、右手/左手の伸展角度14/19度、右手/左手の屈曲角度57/72度であった。また、両手首関節の伸展および屈曲の可動域測定結果は、右手首/左手首の伸展角度58/62度、右手首/左手首の屈曲角度51/50度であった。

(3) 足関節用リハビリ運動システムの開発

本装置の構造は、足を圧迫するアクチュエータを設置している上部ユニットと、動作ユニットを回転させるアクチュエータを設置している下部ユニットの2つのユニットで構成されている。本装置は、ベッドの真横に設置して使用する。これにより、膝を伸ばした状態で足関節のROM訓練を実施することができる。膝を伸ばした状態でROM訓練を行うことで、膝や股関節が動くことにより生じる足関節の可動域不足の改善が期待できる。図4に製作した本装置とユーザ試験の様子を示す。ユーザ試験では、整形外科に通院している方と理学療法士の方の合計(20代~80代)5名を対象に実施した。民生用ビデオカメラで装置のROM訓練の様子を撮影し、かつアンケートによる実験参加者の主観評価を得た。なお、本実験は、大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の承認を得て実施された(承認番号:2019-16)。

ユーザ試験の結果、底屈/背屈動作では、5名中4名/3名が達成度80%以上であった。内反動作と外反動作では両方とも、実験参加者5人中4人が複合動作内の3動作すべての方向に足関節が動いており、高齢者や足関節の疾患がある人に対しても複合動作が実現できることが確認された。また、アンケートの結果から、ROM訓練後の足関節周りの体温上昇が期待できることが確

認された。



図4 足関節リハビリ運動実験装置(左)とユーザ試験の様子(右)

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

少子高齢化が進む現代社会において、先端医療機器や高機能福祉機器の市場は世界的に拡大しており、重要な成長分野として位置づけられている。このような市場において、本研究で開発するリハビリシステムは、物理療法と運動療法のどちらも提供できることから、これまでにない高機能機器として提案できる。また、怪我や病気などにより、身体機能回復のリハビリ運動を必要とする患者は年々増加傾向にある。本リハビリシステムが開発されると、病院内での利用はもとより、在宅での利用も期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究グループでは、これまでもソフトロボティクスを活用したリハビリテーションシステムの開発を行ってきた。今回の研究では、リハビリ手法の検討、専門家および臨床試験による評価が行え、本装置の有用性を立証し、特許出願や実用化に向けての大きな成果を得ることができたと考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

6.1 知財

- [1] 学校法人常翔学園. 谷口浩成, 大江祥生. 足関節の運動支援装置. 特願2020-017922, 2020-02-05

6.2 発表論文等

- [1] 大江祥生, 青山墨斗, 内田慧斗, 谷口浩成, “空気圧ソフトアクチュエータによる足部の多自由度他動運動装置”, 平成30年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp.70-72, (2018).
- [2] R. Aoyama and H. Taniguchi, “A Proposal for ROM Device to Prevent Contractures of the Thumb Joint Using Pneumatic Soft Actuators”, Proceedings of International Conference on New Actuators (ACTUATOR2018), pp.607-611, 2018.

- [3] S. Ohe and H. Taniguchi, "Development of a Pneumatic Rehabilitation Device for Ankle Joints", Proceedings of International Conference on New Actuators (ACTUATOR2018), pp.612-616, 2018.
- [4] R. Aoyama and H. Taniguchi, "Pneumatic Soft Actuator with Diamond Shaped Pattern for Range of Motion Exercises Device", 1-page paper of 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2018), 2018.
- [5] S. Ohe and H. Taniguchi, "Development of Ankle Range of Motion Exercises Device using Pneumatic Soft Actuators", 1-page paper of 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2018), 2018.
- [6] 青山壘斗, 谷口浩成, 大江祥生, "空気圧ソフトアクチュエータによる拇指の可動域訓練手法の検討", 第36回日本ロボット学会学術講演論文集, RSJ2018AC1A1-04, (2018).
- [7] 青山壘斗, 谷口浩成, 大江祥生, "ソフトアクチュエータによる拇指関節の他動運動訓練装置に関する研究", 日本機械学会2018年度年次大会講演論文集, J1120102, (2018).
- [8] 大江祥生, 谷口浩成, 青山壘斗, 大須賀美恵子, "ソフトアクチュエータを用いた足関節の多自由度他動運動装置の開発", 日本機械学会2018年度年次大会講演論文集, S1110401, (2018), 日本機械学会機素潤滑設計部門第24回卒業研究コンテスト最優秀発表受賞.
- [9] 谷口浩成, 青山壘斗, "空気圧ソフトアクチュエータを用いた拇指関節運動装置の開発", 2019年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp.20-22, (2019).
- [10] 大阪工業大学フレキシブルロボティクス研究室, "大学高専テクニカルアカデミー研究発表優秀賞", オートメーションと計測の先端技術総合展(IIFES2019), (2019).

7 補助事業に係る成果物

- (1) 補助事業により作成したもの
該当なし
- (2) (1)以外で当事業において作成したもの
6.2節に示した発表論文等

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部
(オオサカコウギョウダイガクロボティクス&デザインコウガクブ)

住 所: 〒530-8568
大阪府大阪市北区茶屋町1番45号

担 当 者: 准教授 谷口 浩成(タニグチ ヒロナリ)

担 当 部 署: ロボット工学科(ロボットコウガクカ)

E - m a i l: hironari.taniguchi@oit.ac.jp

U R L: <https://www.flexibleroboticslab.com/>